

Zonage du Brésil à partir d'une série temporelle d'images MODIS

JOLIVOT A. ⁽¹⁾, BEGUE A. ⁽¹⁾, BISQUERT M. ⁽²⁾, TONNEAU JP. ⁽¹⁾, SIMOES M. ⁽³⁾

⁽¹⁾ CIRAD, UMR TETIS, Maison de la Télédétection, 500 Rue Jean François Breton, F- 34093 Montpellier, France

⁽²⁾ IRSTEA, UMR TETIS, Maison de la Télédétection, 500 Rue Jean François Breton, F- 34093 Montpellier, France

⁽³⁾ EMBRAPA Solos, Rua Jardim Botânico, #1024, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, Brésil

Envibras 2014 – 12-15 novembre 2014 - Rennes

Contexte

Paysages : interaction entre **milieu abiotique**, **monde vivant** et **activités humaines**
Ils constituent des **formes reconnaissables** de la surface terrestre, souvent **hétérogènes**, montrant un **arrangement caractéristique des éléments** (Mücher et al., 2010)

Contexte

Paysages : interaction entre **milieu abiotique**, **monde vivant** et **activités humaines**
Ils constituent des **formes reconnaissables** de la surface terrestre, souvent **hétérogènes**, montrant un **arrangement caractéristique des éléments** (Mücher et al., 2010)

Pour les cartographier :

Info environnementales : occupation du sol, climat, topographie

+

Activités humaines : utilisation des sols

Contexte

Paysages : interaction entre **milieu abiotique**, **monde vivant** et **activités humaines**
Ils constituent des **formes reconnaissables** de la surface terrestre, souvent **hétérogènes**, montrant un **arrangement caractéristique des éléments** (Mücher et al., 2010)

Pour les cartographier :

Info environnementales : occupation du sol, climat, topographie

+

Activités humaines : utilisation des sols

Problème : - carto liée à l'expert, à la méthode et à la qualité des données
- chronophage et non exhaustif

Séries temporelles d'images satellite :

- occupation / utilisation des sols, dynamique (indice de végétation)
- arrangement des composants paysagers (indices de texture)

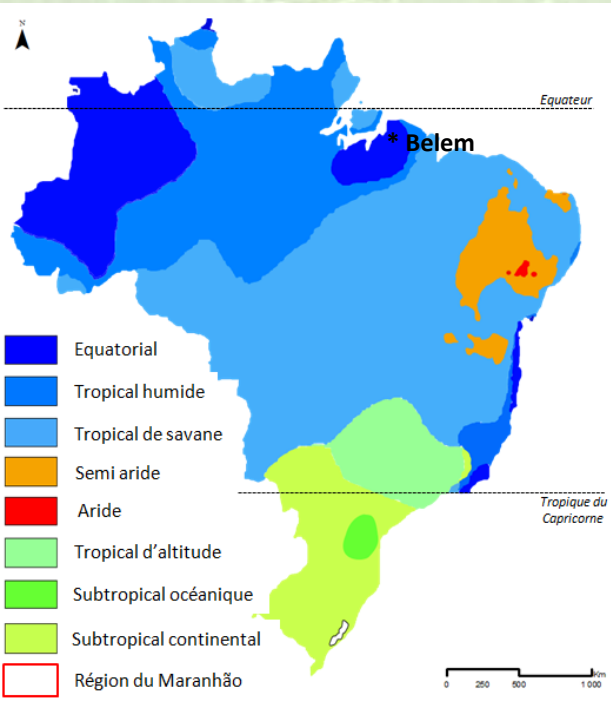
→ **vision objective des territoires dans leur ensemble, à différentes dates**

Bisquert et al. (2014) : stratification de l'espace en zones radiométriquement homogènes à partir de séries temporelles à basse résolution spatiale (méthode testée sur la France)

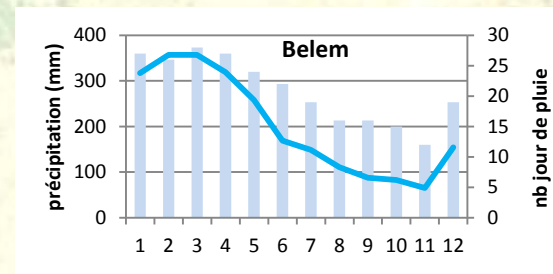
Objectifs

- **Réaliser une segmentation des paysages** à partir d'une série temporelle d'images satellite en vue d'obtenir des polygones radiométriquement homogènes
 - **Evaluer les segmentations** de manière non supervisée pour sélectionner la meilleure échelle de segmentation
 - **Comparer les segmentations** à un zonage agro-écologique existant
- ➔ Sur un nouveau territoire, plus vaste : le **Brésil**

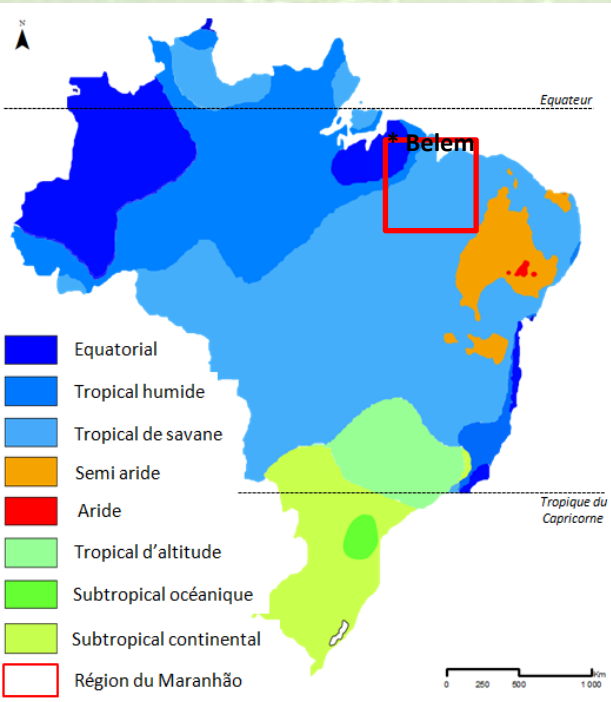
La zone d'étude : Le Brésil



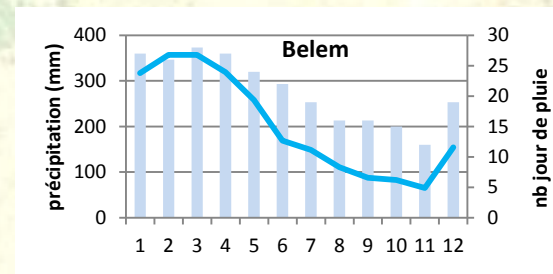
- Plus grand pays d'Amérique du sud (13 fois la France)
- s'étend de l'équateur au tropique du Capricorne
- > **grande diversité** : végétation, climat, occupation du sol
- Et donc de paysages
- 8 types de climats (Köppen)
- 90% du territoire en zone tropicale
- Zone équatoriale = en moyenne 20 jours de pluie / mois



La zone d'étude : Le Brésil



- Plus grand pays d'Amérique du sud (13 fois la France)
- s'étend de l'équateur au tropique du Capricorne
- > **grande diversité** : végétation, climat, occupation du sol
- Et donc de paysages
- 8 types de climats (Köppen)
- 90% du territoire en zone tropicale
- Zone équatoriale = en moyenne 20 jours de pluie / mois



- + région du **Maranhão** (Nordeste) en zones tropicale / équatoriale
- Tester l'effet d'échelle
- Tester la méthode sur une région « nuageuse »

Les données satellites

Série temporelle **MODIS** (MOD13Q1)

Entre janvier 2008 et décembre 2011

Résolution : 250m

Répétitivité : 16 jours (23 images / an)

Données : NDVI – EVI – Indicateur de qualité

Les données satellites

Série temporelle **MODIS** (MOD13Q1)

Entre janvier 2008 et décembre 2011

Résolution : 250m

Répétitivité : 16 jours (23 images / an)

Données : NDVI – EVI – Indicateur de qualité

Brésil = 15 dalles / **Maranhão** = 1 dalle
-> 1380 images téléchargées et traitées

Les données satellites

Série temporelle **MODIS** (MOD13Q1)
Entre janvier 2008 et décembre 2011
Résolution : 250m
Répétitivité : 16 jours (23 images / an)
Données : NDVI – EVI – Indicateur de qualité

Brésil = 15 dalles / **Maranhão** = 1 dalle
-> 1380 images téléchargées et traitées

Cartes de zonages

- Échelle nationale : zones agro-écologiques (Global Agro-Ecological Zones, GAEZ) de la FAO
- Echelle régionale : zonage agro-écologique du Nordeste (EMBRAPA)

Calcul des indices

Méthode initiale :

- Élimination des pixels à valeur aberrante (nuages...)
- Calcul de la moyenne mensuelle du EVI
- ...

Calcul des indices

~~Méthode initiale :~~

- ~~- Élimination des pixels à valeur aberrante (nuages...)~~
- ~~- Calcul de la moyenne mensuelle du EVI~~
- ~~...~~

Problème :

Régions équatoriales : nuages toute l'année
-> perte jusqu'à 60% des pixels d'une dalle



Calcul des indices

~~Méthode initiale :~~

- Élimination des pixels à valeur aberrante (nuages...)
- Calcul de la moyenne mensuelle du EVI
- ...

Problème :

Régions équatoriales : nuages toute l'année
-> perte jusqu'à 60% des pixels d'une dalle



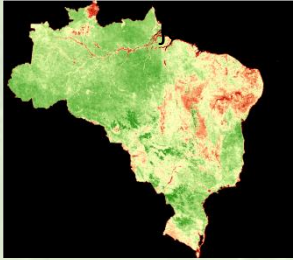
Méthode adaptée :

- Calcul de la maximale mensuelle du EVI
- Mosaïque des 15 dalles
- Calcul des indices de textures : homogénéité, contraste, dissimilarité, entropie, second moment

EVI max mensuel

EVI
0 1

janvier



février



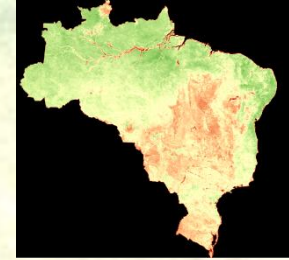
mars



avril



mai



juin



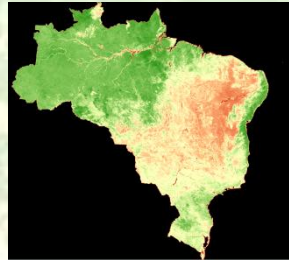
juillet



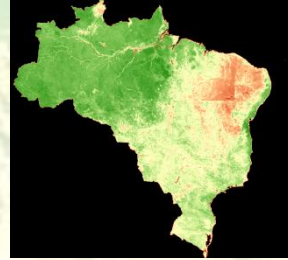
août



septembre



octobre



novembre

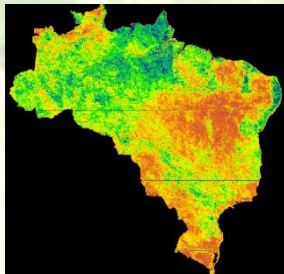


décembre

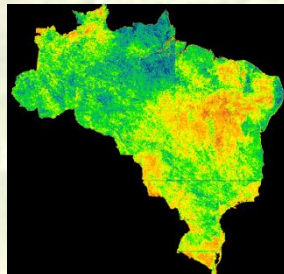


Textures

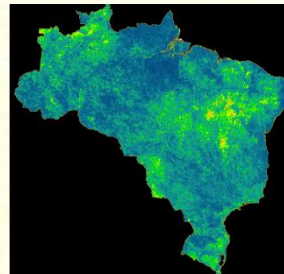
contraste



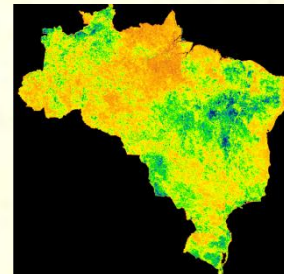
dissimilarité



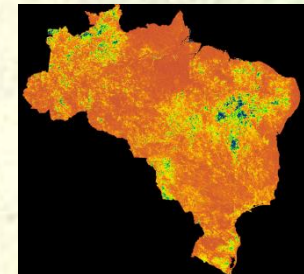
entropie



homogénéité



second moment



Sélection des variables

72 variables (12 EVI max + 5x12 textures)

-> choix des variables les plus **représentatives du territoire**

-> ACP à partir des moyennes de chaque variable sur l'ensemble du territoire

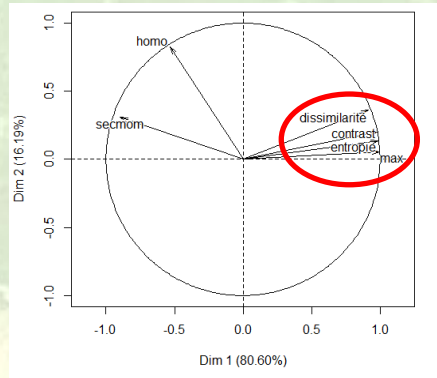
Sélection des variables

72 variables (12 EVI max + 5x12 textures)

-> choix des variables les plus **représentatives du territoire**

-> ACP à partir des moyennes de chaque variable sur l'ensemble du territoire

Brésil



- Dissimilarité, contraste et entropie : fortement corrélés au EVI max

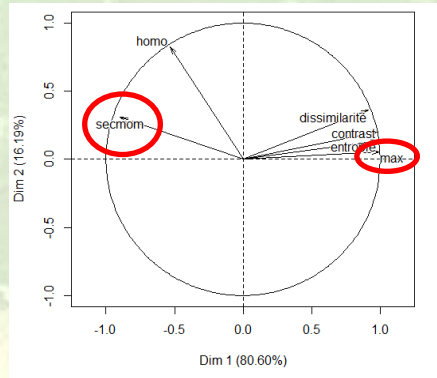
Sélection des variables

72 variables (12 EVI max + 5x12 textures)

-> choix des variables les plus **représentatives du territoire**

-> ACP à partir des moyennes de chaque variable sur l'ensemble du territoire

Brésil



- Dissimilarité, contraste et entropie : fortement corrélés au EVI max
- Second moment : corrélé négativement avec les précédents

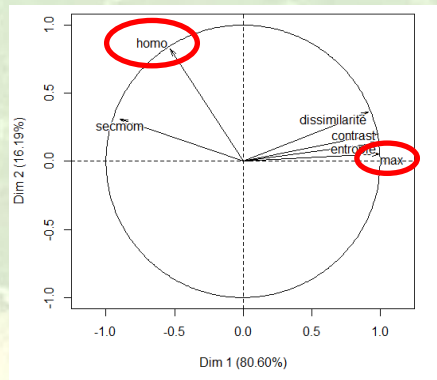
Sélection des variables

72 variables (12 EVI max + 5x12 textures)

-> choix des variables les plus **représentatives du territoire**

-> ACP à partir des moyennes de chaque variable sur l'ensemble du territoire

Brésil



- Dissimilarité, contraste et entropie : fortement corrélés au EVI max
- Second moment : corrélé négativement avec les précédents
- **Homogénéité apporte info complémentaire à EVI max**

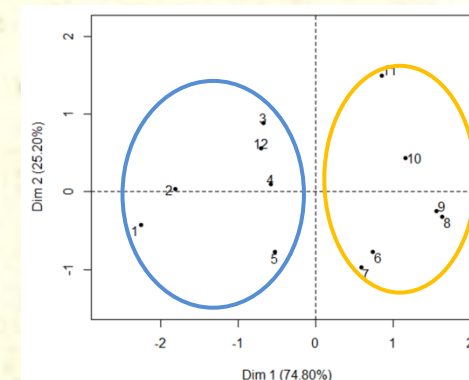
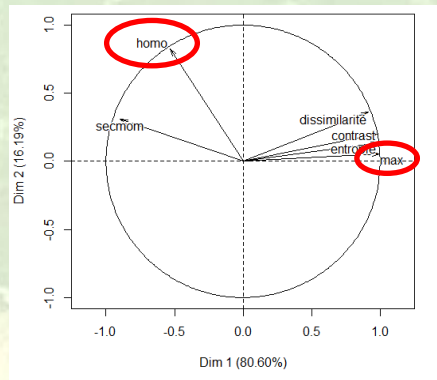
Sélection des variables

72 variables (12 EVI max + 5x12 textures)

-> choix des variables les plus **représentatives du territoire**

-> ACP à partir des moyennes de chaque variable sur l'ensemble du territoire

Brésil



ACP couple EVI max / homogénéité

axe 1 : saisons - oppose les mois d'hiver (1, 2, 3, 4, 5, 12) aux mois d'été (6, 7, 8, 9, 10, 11).

- Dissimilarité, contraste et entropie : fortement corrélés au EVI max
- Second moment : corrélé négativement avec les précédents
- **Homogénéité apporte info complémentaire à EVI max**

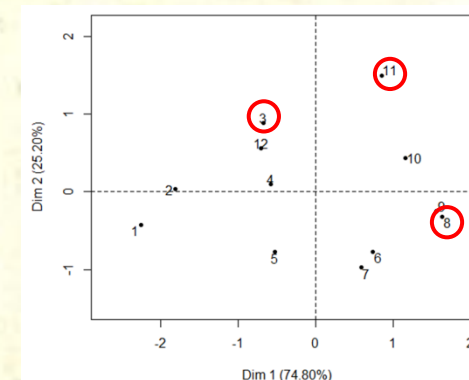
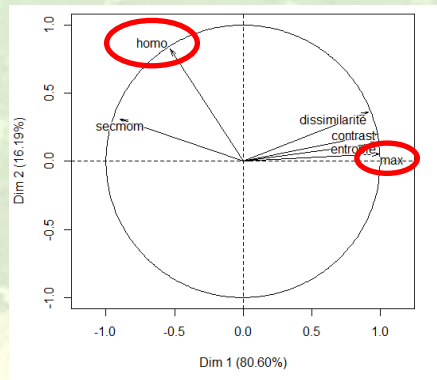
Sélection des variables

72 variables (12 EVI max + 5x12 textures)

-> choix des variables les plus **représentatives du territoire**

-> ACP à partir des moyennes de chaque variable sur l'ensemble du territoire

Brésil



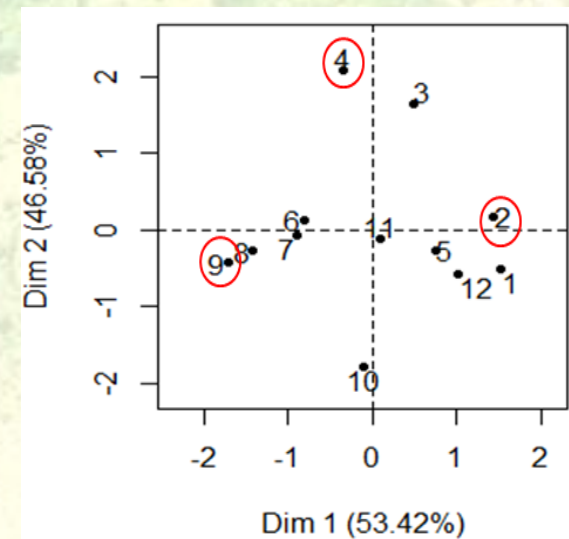
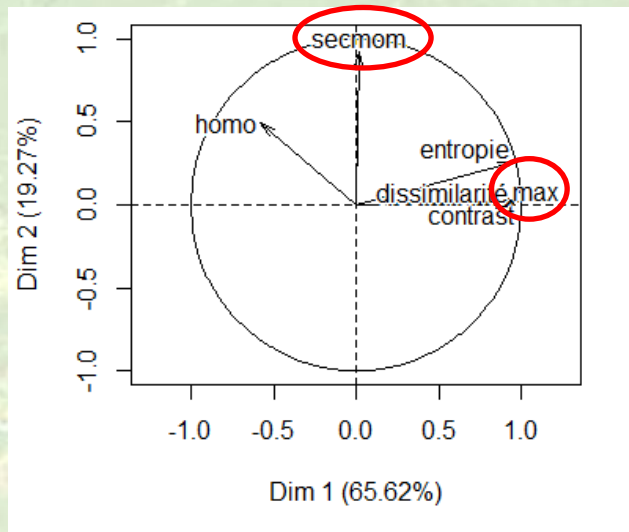
ACP couple EVI max / homogénéité

axe 1 : saisons - oppose les mois d'hiver (1, 2, 3, 4, 5, 12) aux mois d'été (6, 7, 8, 9, 10, 11).

➔ Mars, aout et novembre non corrélés

- Dissimilarité, contraste et entropie : fortement corrélés au EVI max
- Second moment : corrélé négativement avec les précédents
- Homogénéité apporte info complémentaire à EVI max

Maranhão



➔ février, avril et septembre pour les variables Evi max et second moment

Segmentation Orientée Objet

via eCognition, Algorithme : multiresolution segmentation

- poids identique pour toutes les variables
- paramètre de forme = 0
- échelle Brésil : [2 000 ; 20 000] avec un pas de 1 000
Maranhão : [500 ; 7 000] avec un pas de 500

Segmentation Orientée Objet

via eCognition, Algorithme : multiresolution segmentation

- poids identique pour toutes les variables
- paramètre de forme = 0
- échelle Brésil : [2 000 ; 20 000] avec un pas de 1 000
Maranhão : [500 ; 7 000] avec un pas de 500

Evaluation non supervisée des segmentations : indice de Johnson et indice de Zhang

Mesure de l'homogénéité intra-région et de la disparité inter-région.

J = Indice de Johnson

$$V = \sum_{i=1}^n a_i v_i / \sum_{i=1}^n v_i$$

$$C = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\left(\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right) \left(\sum_{i \neq j} w_{ij} \right)}$$

$$J = V_{norm} + C_{norm}$$

V: variance intra-région (**V-Intra**)

C: Indice de Moran (autocorrélation spatiale sur régions limitrophes de région étudiée **Corr-Inter**)

n : nombre total de régions

v_i and a_i : variance et surface du segment i

w_{ij} : mesure de proximité spatiale (égal à 1 si les régions sont voisines et à 0 si non)

y_i : moyenne spectrale du segment i

\bar{Y} : moyenne spectrale de toute l'image

V_{norm} and C_{norm} : valeurs normalisées de V et C

Z = Indice de Zhang

$$H = \frac{1}{10S} \sqrt{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{1 + \log a_i} \right)$$

$$D = \left(\sum_{b=1}^n \sum_{i=1}^n (m_{ib} - mm_b) / n \right) / \sqrt{n}$$

$$Z = H + \lambda D, \lambda = (H_{\max} - H_{\min}) / (D_{\max} - D_{\min})$$

H: homogénéité intra-régionale (**H-Intra**)

D: disparité inter-région (toutes régions Brésil **D-Inter**)

S : taille de l'image

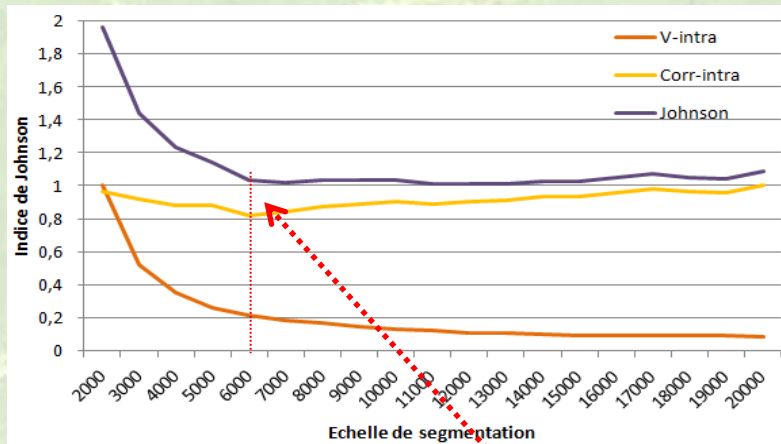
e_i : distance Euclidienne entre chaque pixel et la moyenne de la région i

m_{ib} : moyenne de la bande b sur la région i

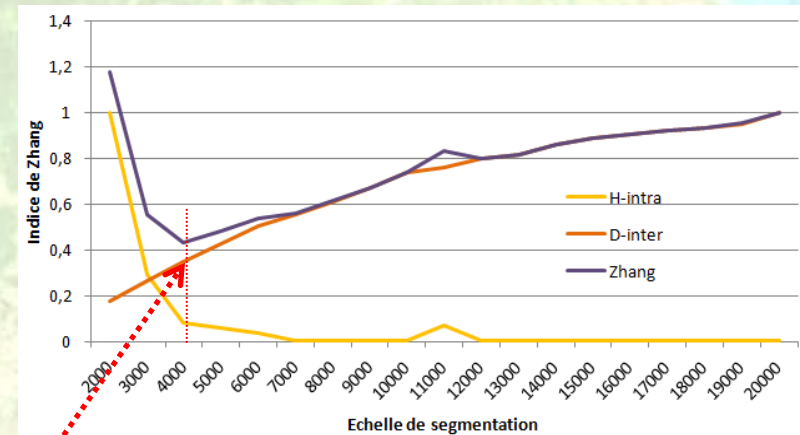
mm_b : moyenne de la bande b sur toutes les régions

H_{\max} , H_{\min} , D_{\max} and D_{\min} : valeurs maximum et minimum de H et D pour le jeu de segmentations obtenues avec différents critères d'homogénéité.

Méthode de Johnson



Méthode de Zhang



V-intra: variance intra-région
Corr-intra: corrélation inter-régions voisines

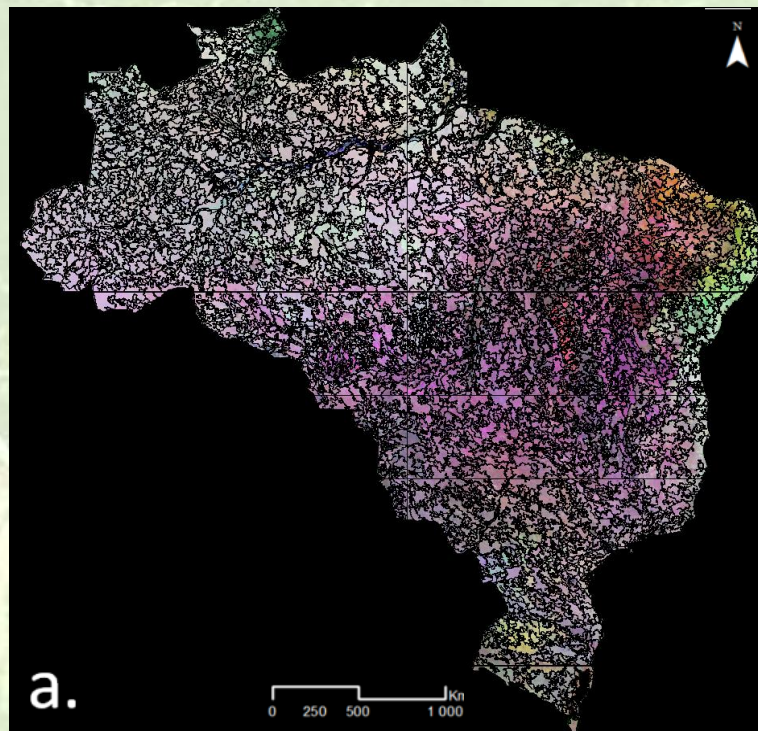
H-intra: homogénéité intra-région
D-inter: disparité inter-régions global

Meilleurs paramètres
d'échelle

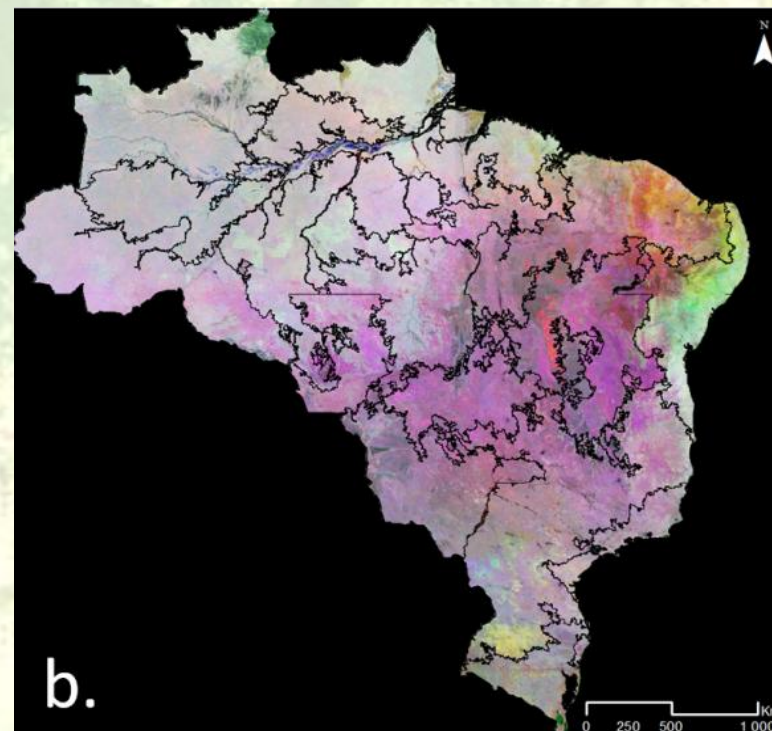
Objectif : polygones homogènes et significativement différents des polygones voisins

Résultats des segmentations

Brésil



Échelle : 2 000

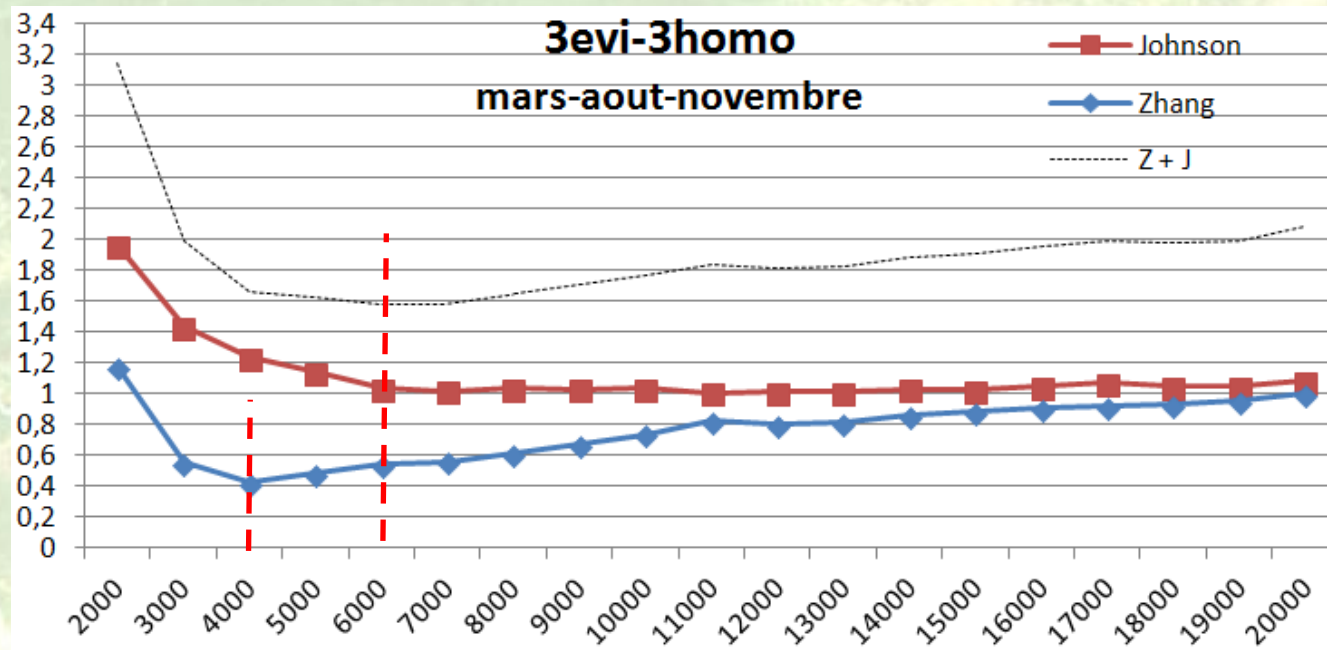


Échelle : 20 000

Segmentations réalisées avec EVI max et l'homogénéité pour les mois de mars, août et novembre, pour les paramètres d'échelle (a) 2 000 et (b) 20 000, superposées à une composition colorée (rouge : EVI max mars - Vert : EVI max aout - Bleu : EVI max novembre)

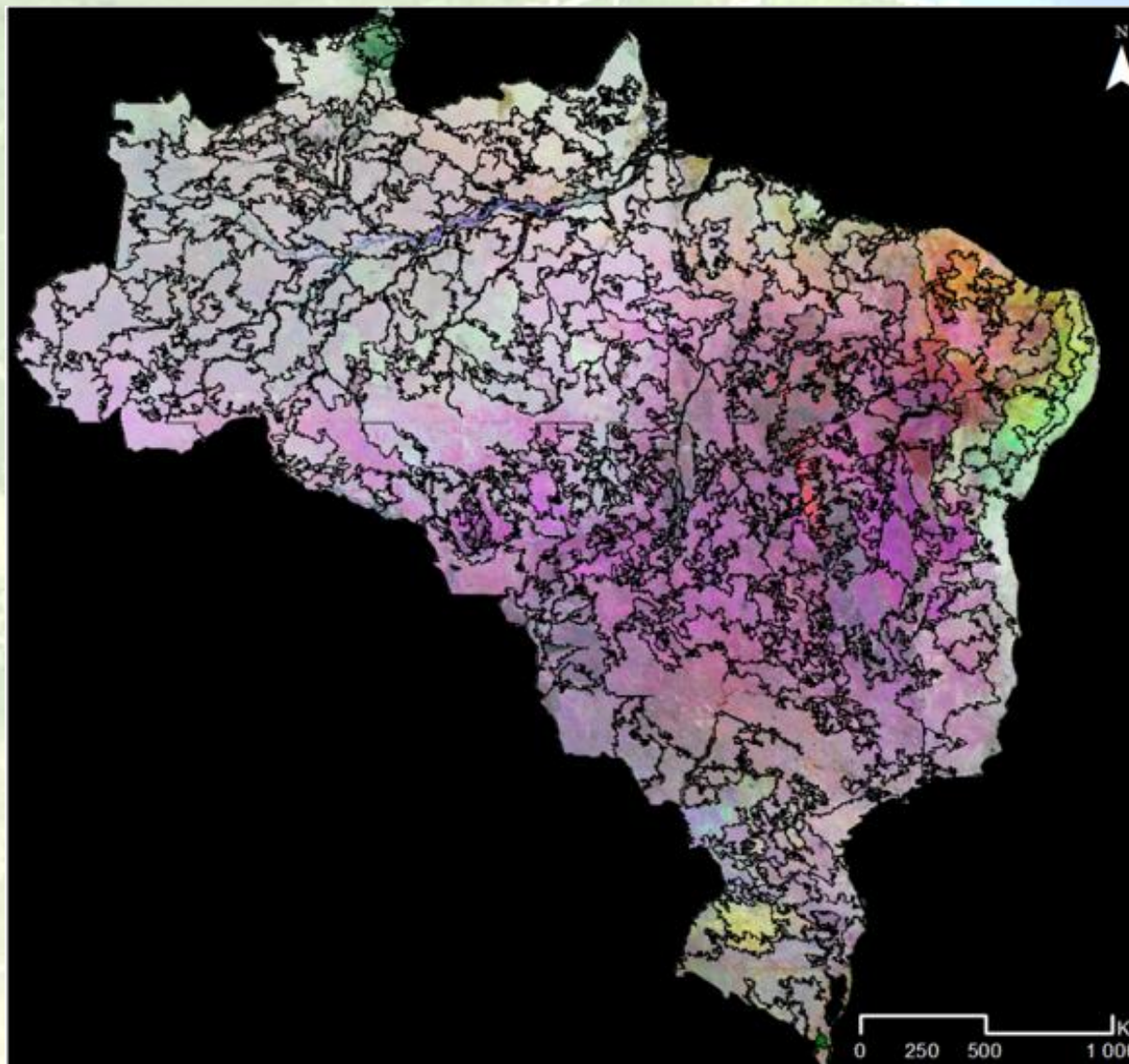
Evaluation des segmentations

Brésil



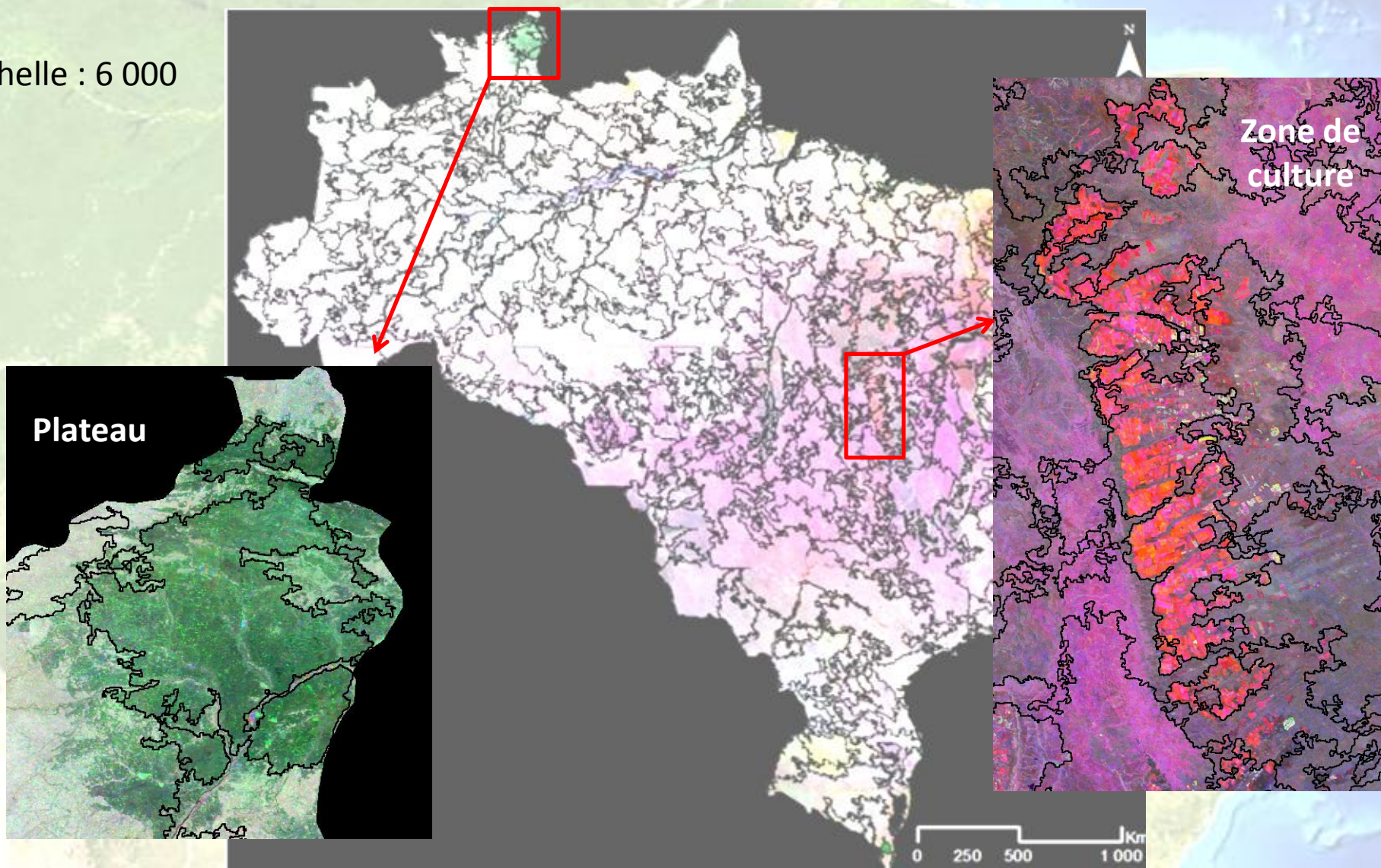
Echelle 6 000 : meilleur compromis entre homogénéité
intra-parcellaire et hétérogénéité inter-parcellaire

Echelle : 6 000

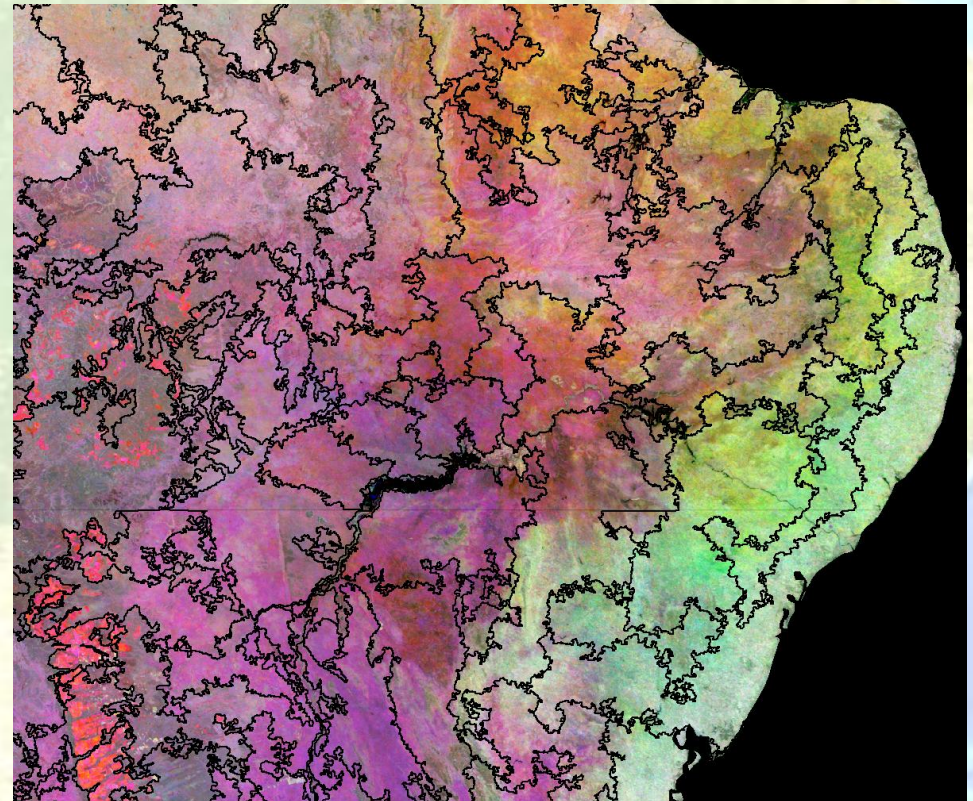
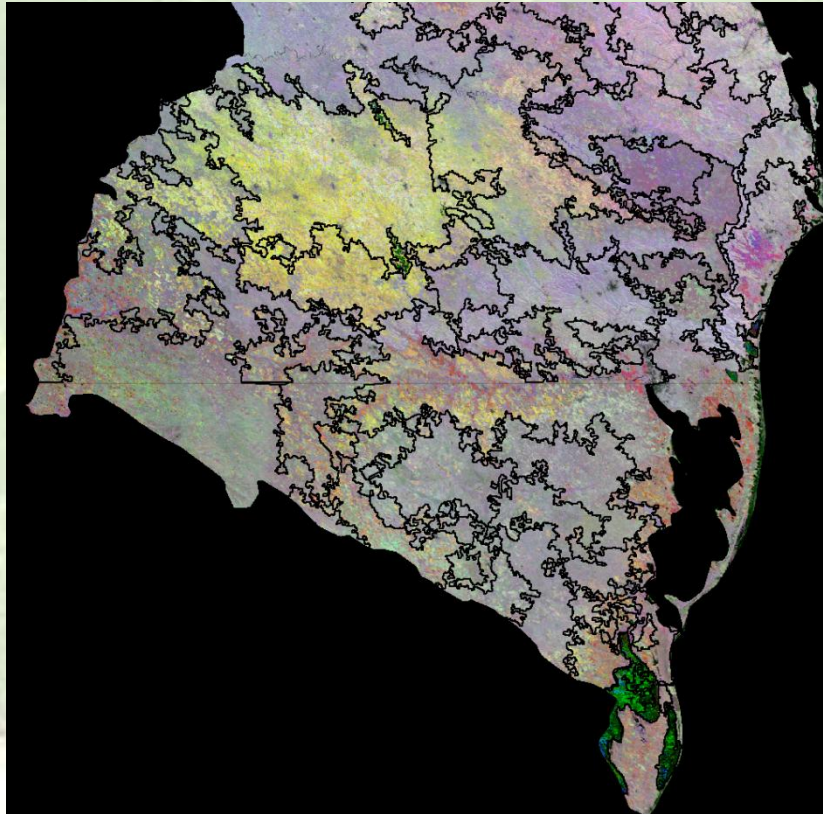


Zone de
culture

Echelle : 6 000



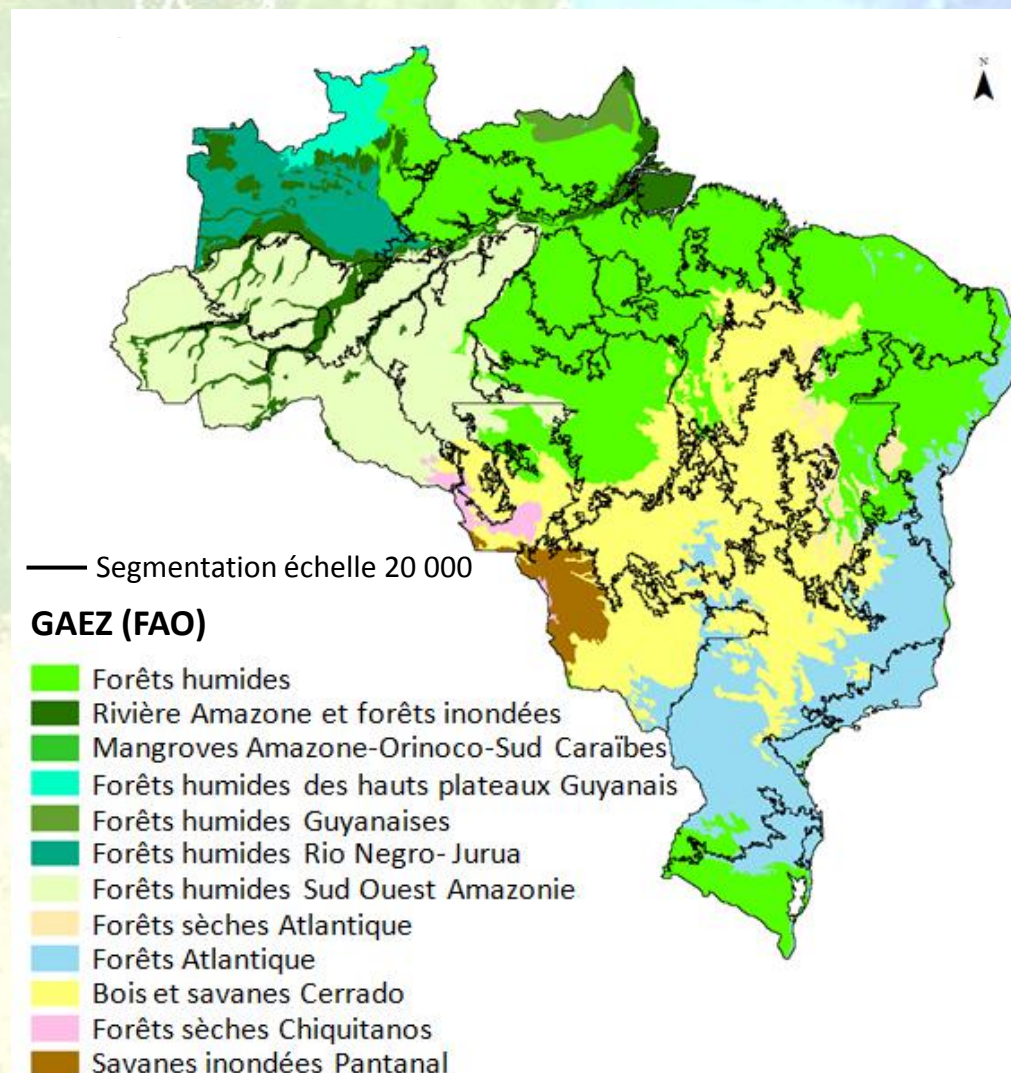
Quelques zooms...



Échelle : 6 000

Comparaison avec un zonage existant

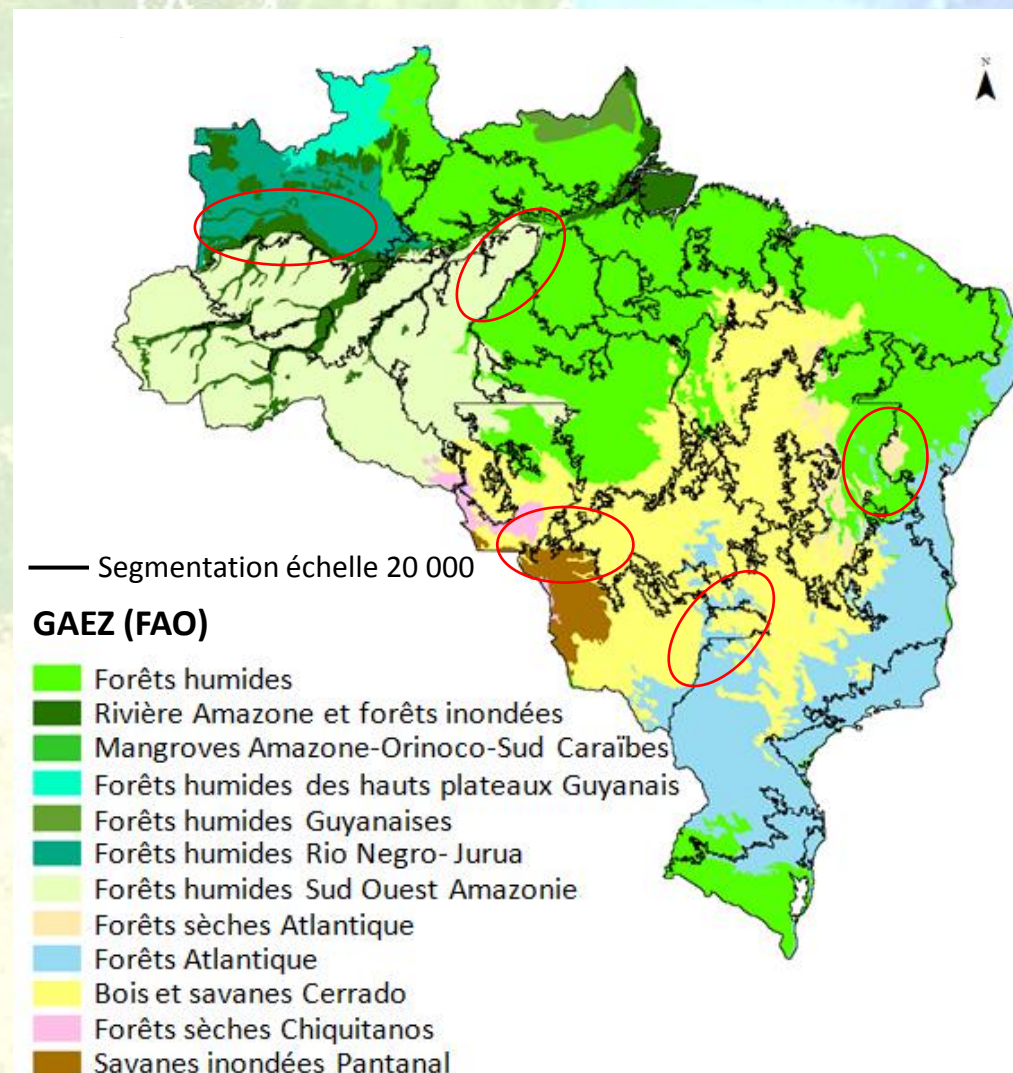
Segmentation 20 000 / zonage FAO



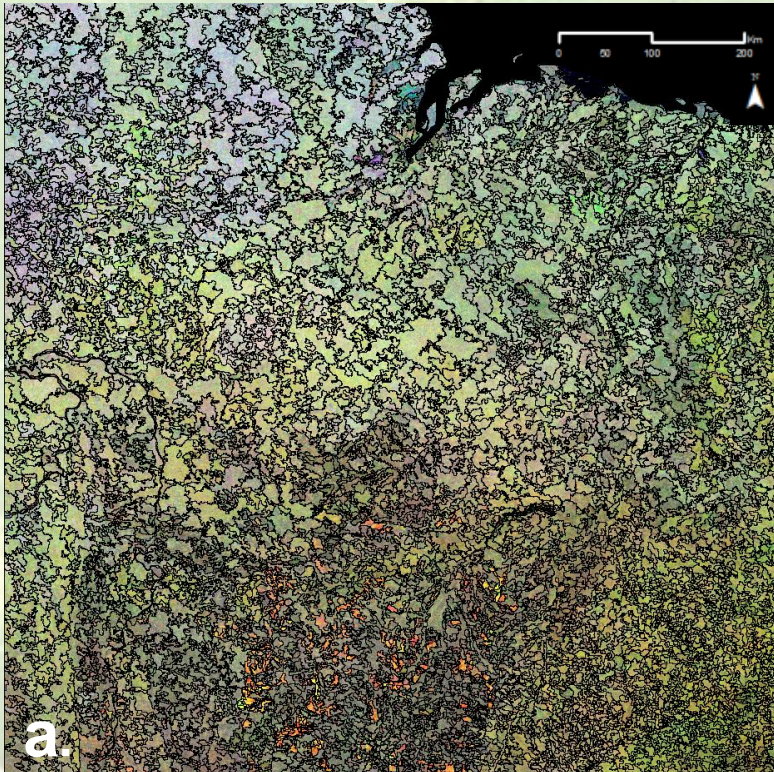
Comparaison avec un zonage existant

Segmentation 20 000 / zonage FAO

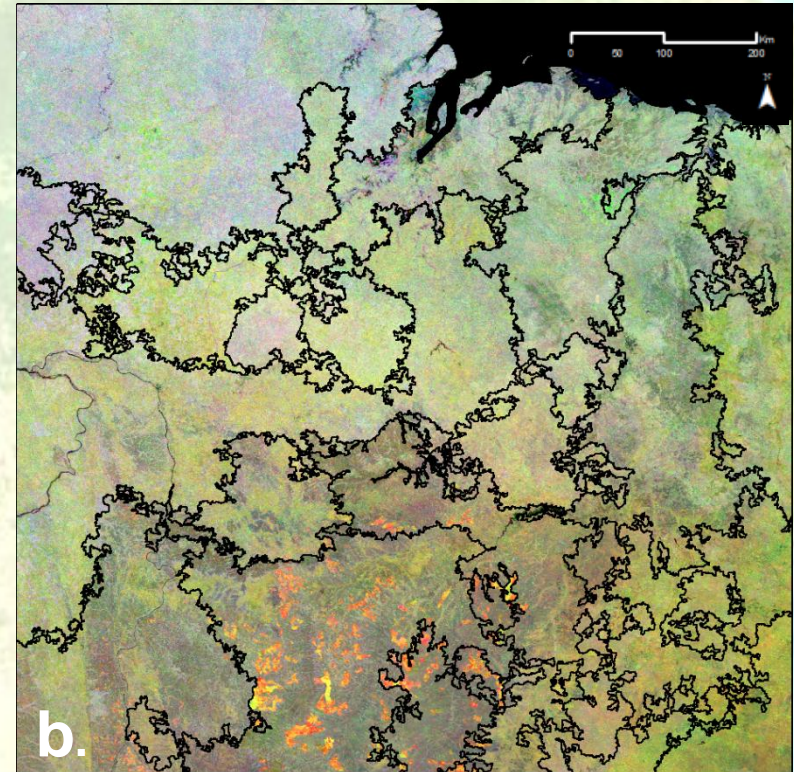
➔ Similitudes entre certaines zones



Maranhão



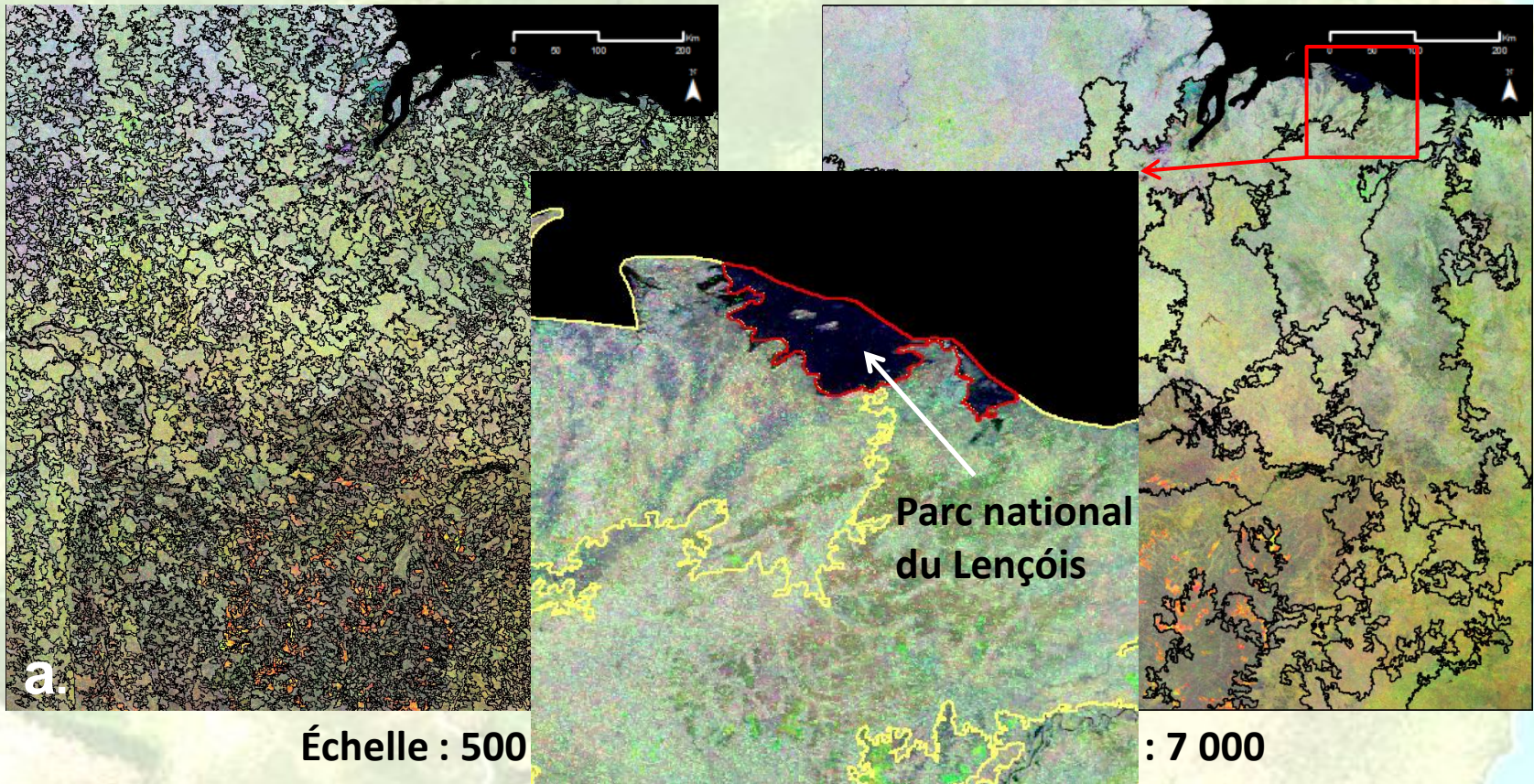
Échelle : 500



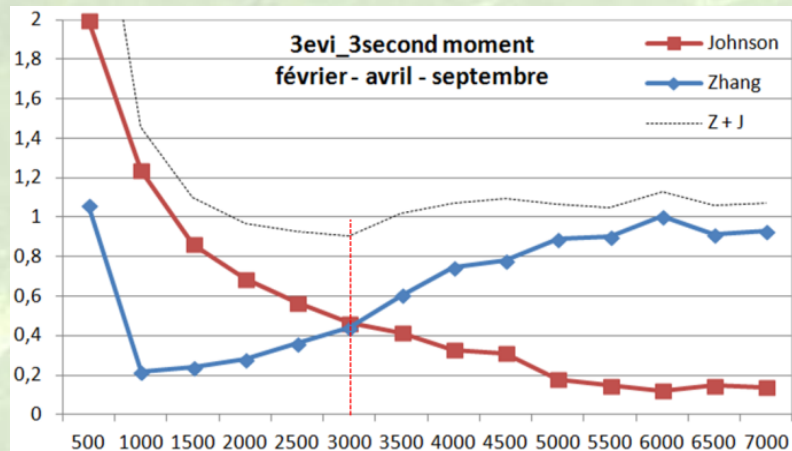
Échelle : 7 000

Segmentations réalisées avec EVI max et le second moment pour les mois de février, avril et septembre, pour les paramètres d'échelle (a) 500 et (b) 7 000, superposées à une composition colorée (rouge : EVI max février - Vert : EVI max avril - Bleu : EVI max septembre)

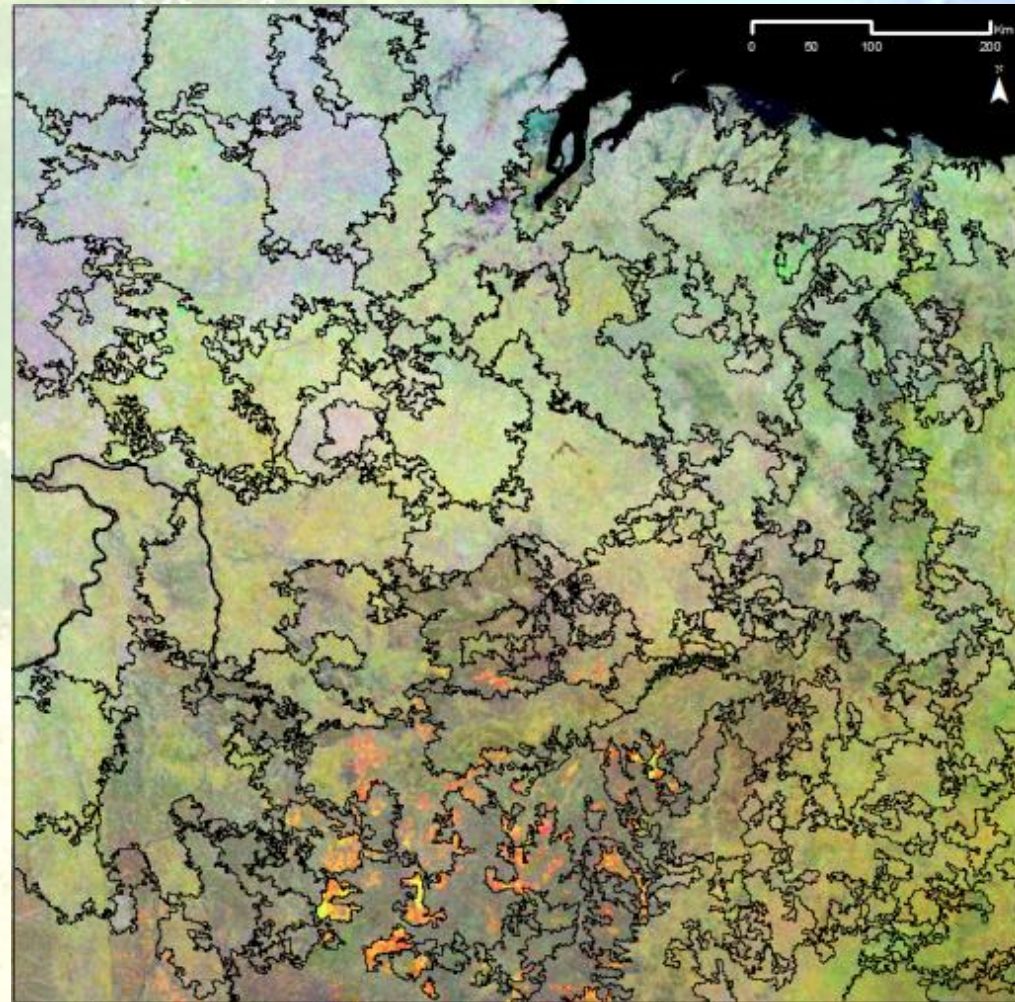
Maranhão



Segmentations réalisées avec EVI max et le second moment pour les mois de février, avril et septembre, pour les paramètres d'échelle (a) 500 et (b) 7 000, superposées à une composition colorée (rouge : EVI max février - Vert : EVI max avril - Bleu : EVI max septembre)



Echelle 3 000 : meilleur compromis
entre homogénéité intra-région et
hétérogénéité inter-région



Échelle : 3 000

Segmentation 7 000 Maranhão / zonage EMBRAPA

Zonage (EMBRAPA)

- Grande dépression Maranhense
- Surfaces desséchées des vallées, des fleuves Gurgueia, Parnaíba, Itapecuru et Tocantins
- Plateaux sédimentaires
- Plateaux sédimentaires intermédiaires et bas
- Surfaces desséchées diverses
- Complexe de Campo Maior
- Grande zone alluviale
- Dépression littorale
- Delta Maranhense
- Plateaux sédimentaires étendus et d'altitude
- Dépression du Sertao

— Segmentation échelle 7 000

- Segmentation du territoire à différentes échelles en polygones **radiométriquement homogènes**.
- Méthode **robuste, objective et reproductible** en tout point du globe.
- Brésil : zone hétérogène -> difficulté de trouver des règles communes
➔ Traiter les zones à caractéristiques différentes séparément
- Indices de Zhang et de Johnson déterminent **statistiquement la meilleure échelle**, cependant elle dépend du **besoin et de l'objectif** de l'étude.
- Comparaison difficile avec zonages existants.
Besoin de : 1. **analyser la nomenclature** des cartes
2. **caractériser** les polygones issus de la segmentation pour comprendre les ressemblances et divergences entre les zonages.

An aerial photograph of the African continent, showing various geographical features like rivers, lakes, and coastal areas. The colors are somewhat muted, with greens for vegetation and blues for water.

**Merci
de votre
attention !**